

# Digitalni anatomski model lubanje psa

## Digital canine anatomical skull model

Marić, M.<sup>1\*</sup>, T. Gomerčić<sup>2</sup>, K. Korpes<sup>3</sup>, M. Kolenc<sup>3</sup>, M. Đuras<sup>3</sup>



### Sažetak

Digitalni trodimenzionalni (3D) model lubanje psa novo je nastavno pomagalo za svladavanje jednog dijela gradiva iz anatomije domaćih životinja. Dostupni udžbenici imaju samo dvodimenzionalni prikaz kostiju glave pomoću fotografija i ilustracija te često prikazuju samo jedan dio lubanje. Nadalje, opisi slika i ilustracija katkad su nedovoljno detaljni. Trenutačno dostupni digitalni anatomski modeli lubanja psa imaju brojne nedostatke. Jedni su bez anatomske oznake, drugi nisu dovoljno precizni. Složenije dostupne modele treba platiti prije korištenja ili pak zahtijevaju određene operacijske sustave na osobnom računalu i mobitelu. Naš digitalni anatomski 3D model lubanje psa izrađen je na temelju snimki dobivenih CT uređajem. Prvotni model uređen je u računalnom programu *Blender*. Za izradu koštane teksture modela korišten je računalni program *SD Som Pro*, a za označivanje anatomske dijelova *Final mesh*. Anatomske dijelovi opisani su prema službenom popisu anatomske pojmovi navedenih u *Nomina anatomica veterinaria*. Kako bi model ispunio svoju svrhu, postavljen je na mrežne stranice Veterinarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (<http://wwwi.vef.hr/3datlas/pas>), besplatan je i lako dostupan studentima i ostaloj zainteresiranoj javnosti.

### Abstract

A digital 3D model of a canine skull was designed to serve as an additional aid, alongside books and other resources and learning material. The available textbooks only provide a 2D view, using photos and illustrations and they often do not display the entire bone and have flawed descriptions. The digital anatomical models currently available are insufficient because they are incompletely marked or some anatomical parts are not visible at all. Furthermore, some of the available digital 3D models are not free of charge and must be paid for before usage, or they require a specific operating system on computers and mobile phones. The digital anatomical 3D dog skull model is made of recordings from a CT device. The original model was edited in the computer program *Blender*. *SD Som Pro* was used to create bone texture and the anatomical parts were labelled in *Final Mesh*. The anatomical parts were described according to the official list of anatomical terms listed in *Nomina anatomica veterinaria*. To fulfill its purpose, the model has been uploaded onto the website of the Faculty of Veterinary Medicine University of Zagreb (<http://wwwi.vef.hr/3datlas/pas>) and is available to students and the interested public.

<sup>1</sup>Marija Marić, dr. med. vet.

<sup>2</sup>izv. prof. dr. sc. Tomislav Gomerčić, Zavod za veterinarsku biologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

<sup>3</sup>Kim Korpes, dr. med. vet., Magdalena Kolenc, dr. med. vet., izv. prof. dr. sc. Martina Đuras, Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

\*e-adresa:

[marija.maric1295@gmail.com](mailto:marija.maric1295@gmail.com)

**Ključne riječi:** 3D model, lubanja, pas, anatomija, digitalizacija

**Key words:** 3D model, skull, dog, anatomy, digitalisation

## UVOD

U posljednjih nekoliko godina studenti svih fakulteta, pa tako i veterinarskih, koriste se raznim metodama učenja koje im olakšavaju svladavanje novoga gradiva. Iako je pisana riječ i dalje neizbježna, a možda i najbolja opcija, bilo u obliku knjige bilo dokumenta na računalu, tehnološki napredak donosi i nove metode poput proučavanja videomaterijala, audiomaterijala i digitalnih trodimenzionalnih (3D) modela.

Nastava iz anatomije osnova je studija veterinarske medicine i njezino je poznavanje važan temelj za naknadno usvajanje kolegija koji dolaze u kasnijoj fazi studija. Ni jedna knjiga ili slika na računalu ne mogu zamijeniti doživljaj stvarne kosti ili organa koji držimo u ruci ili imamo pred sobom. U takvom, idealnom scenariju, imamo najbolje moguće uvjete za učenje. Kako je ta mogućnost ograničena uglavnom na vrijeme provedeno na fakultetu tijekom nastave iz anatomije, studenti često prilikom učenja kod kuće teško uspijevaju u potpunosti shvatiti činjenice prikazane u udžbenicima i atlasima.

Anatomija kostiju glave psa izučava se u okviru predmeta Anatomija s organogenezom domaćih životinja III tijekom trećeg semestra studija veterinarske medicine Veterinarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Uz osteološki preparat studenti se u nastavi koriste prikazima i opisima u anatomske udžbenicima i atlasima. Neki anatomske udžbenici (npr. Salomon i sur., 2008.) opisuju općenite značajke kostiju glave uz manje nadopune osobitosti za pojedinu životinjsku vrstu u tekstu. Anatomske udžbenik i atlas koji su napisali König i Liebich (2009.) sadržava opise kostiju glave tako da prikazuje svaku kost zasebno i pritom prikazuju najvažnije anatomske dijelove pojedine kosti. Nakon toga u poglavlju *Lubanja kao cjelina* autori se posebno osvrću na anatomske osobitosti lubanje mesojeda, uz odgovarajući prikaz na fotografijama. Nešto precizniji prikaz anatomije lubanje psa daju Zietschmann i sur. (1943.), Sisson i Grossman (1956.), Nickel i sur. (1986.) te Dyce i sur. (2010.). Nakon općenitog prikaza kostiju glave ovi autori daju detaljan prikaz i ilustraciju za pojedine vrste. Udžbenik posvećen samo anatomiji psa objavili su Miller i sur. (1964.) koristeći se isključivo ilustracijama, pa tako i za lubanju. Anatomske atlasi s prikazima

samo jedne životinjske vrste detaljniji su od udžbenika. Tako atlas psa, koji su izradili Budras i Fricke (1994.), sadržava brojne anatomske ilustracije, uključujući i ilustraciju lubanje. Done i sur. (2009.) izradili su anatomske atlas psa koji uz fotografiju lubanje sadržava i ilustraciju s označenim anatomske dijelovima.

Budući da nije moguće osigurati pristup anatomske preparatima za sve studente izvan vremena provedenog na nastavi, od velike su pomoći digitalni 3D anatomske modeli. Na mrežnim stranicama raznih ustanova i organizacija dostupne su različite verzije digitalnih modela koji su uglavnom nedovoljno precizno ili loše opisani ili ih je pak potrebno platiti kako bi se mogli koristiti. U daljnjem tekstu dajemo pregled najvažnijih, trenutačno dostupnih, digitalnih 3D anatomske modela lubanje psa.

### ***Labeled anatomy of the head and skull of the dog on CT imaging (Micheau i sur., 2019.)***

Ovaj je model izrađen na temelju CT slika, a može se pregledavati u tri ravnine: sagitalnoj, dorzalnoj i transversalnoj. Osim modela koji prikazuje samo koštano tkivo, postoji i verzija koja prikazuje i meka tkiva. Prikazane su i CT snimke s pripadajućim anatomske oznakama. Model dobro prikazuje osnovne dijelove kostiju glave, ali nije dovoljno detaljan. Također, CT snimke mogu biti zbunjujuće za studente, koji u trenutku učenja anatomije nisu dovoljno upoznati s ovim načinom slikovne dijagnostike i njezinim rezultatima, te im je teško shvatljivo gdje se pojedini dijelovi nalaze u tijelu.

### ***Canine skull (Gluschitz, 2019.)***

*Canine skull* prilično je skroman model u kojemu je prikazana samo lubanja, bez donje čeljusti. Dijelovi lubanje označeni su brojevima, bez ocrtanih rubova kostiju. Ovakav prikaz nije dovoljno precizan da bi se moglo zaključiti koje područje zapravo obuhvaća označeni dio. Nije dostupna mogućnost uvećanja dijelova koje bi korisnik želio bolje vidjeti i proučiti.

### ***Dog jaw, dog brachycephalic, dog dolichocephalic (The University of Edinburgh, 2019.)***

Ova tri digitalna modela donje čeljusti i lu-

banje psa mogu se rotirati oko svoje osi, ali na žalost bez ikakvih podataka, odnosno oznaka.

### **Easy anatomy - canine 3D anatomy (Anonymus, a)**

Ovaj digitalni model cijelog psa sadrži vrlo detaljni pregled i opis anatomije organskih sustava i pojedinih organa. Kostí su posebno opisane, uključujući i kosti glave. Pristup stranici je besplatan i model se u nekoliko koraka može preuzeti na računalo, mobitel ili tablet. Ipak, zahtijeva Windows 10 ili iOS operacijski sustav, što može biti problem u radu s računalima koji nisu opremljeni odgovarajućim operacijskim sustavima.

### **Ivala learn - 3D veterinary anatomy (Anonymus, b)**

*Ivala learn* vizualno je vrlo privlačna mrežna stranica s brojnim 3D modelima različitih vrsta životinja. No da bi se modeli mogli pobliže pogledati, odnosno preuzeti na računalo, treba se pretplatiti. Iako studenti veterinarskih fakulteta imaju besplatan pristup, treba proći kroz sustav potvrde statusa studenta, koji je u našem slučaju zakazao.

S obzirom na nedostatke prikazanih modela, razvila se ideja razvoja vlastitog 3D modela lubanje psa te je cilj ovog stručnog rada bio prikazati sve korake potrebne za razvoj 3D modela lubanje psa na Veterinarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

## **MATERIJALI I METODE**

Za izradu digitalnog 3D modela korištena je lubanja psa (*Canis familiaris*) iz zbirke osteoloških preparata Zavoda za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Lubanja je slikana CT uređajem marke Nikon, model XT H 225 u Laboratoriju za precizna mjerenja dužina Katedre za mjerenje i kontrolu Zavoda za kvalitetu Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. Snimanjem je dobiven niz vrlo detaljnih 2D slika iz kojih smo daljnjom računalnom obradom u programu *Volume Graphics – VG Studio Max* dobili 3D model. Model izrađen na temelju CT slika uređen je pomoću tri računalna programa. Za potrebe ispravljanja grešaka ko-

rišten je računalni program za 3D modeliranje – *Blender, The Blender Foundation*. Kako bi se dobio dojam koštane strukture na modelu, lubanja je fotografirana iz više različitih kutova te obrađena u programu *SD SOM Pro, CDSL Limited, London*. Na kraju su anatomske elemente označeni na digitalnom modelu lubanje pomoću programa *Final mesh, Pelikan Software Kft*. Svaki je anatomske element označen i imenovan prema službenom popisu anatomske pojmove navedenih u 6. izdanju *Nomina anatomica veterinaria* (I.C.V.G.A.N., 2017.), a kao pomoć u određivanju pozicije pojedinih dijelova na kosti koristili smo se ilustracijama prikazanim u *Illustrated veterinary anatomical nomenclature* (Schaller, 1992.).

## **REZULTATI**

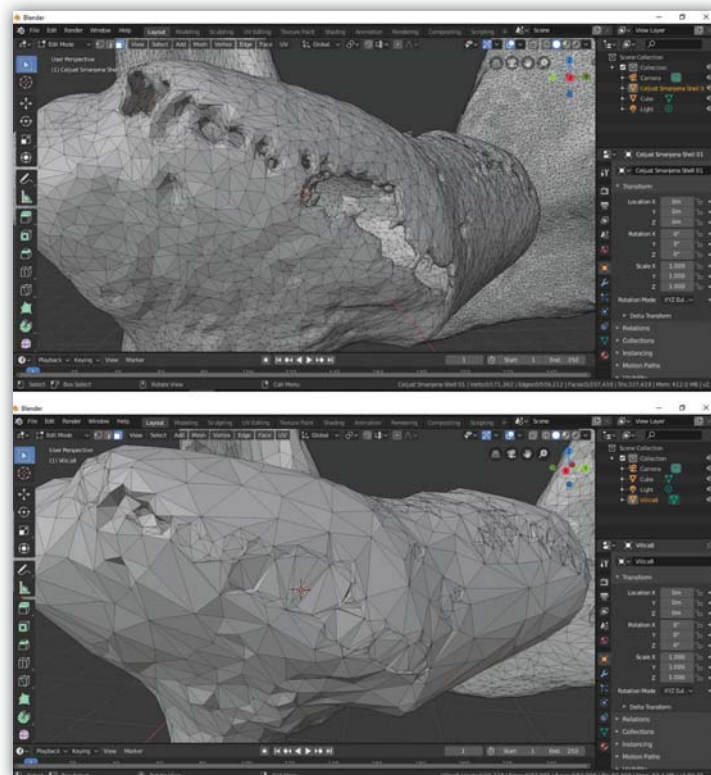
Lubanja psa snimljena je CT uređajem te smo kao rezultat dobili vrlo detaljan digitalni model. Digitalni je model pri snimanju CT uređajem imao male greške u obliku praznih prostora koje je trebalo ispraviti tj. popuniti. Praznine su ručno popunjene u programu, tako što su rubovi pažljivo označeni te se odabirom određenih funkcija u programu greška automatski popunila. Smanjena je i rezolucija modela radi kasnijeg lakšeg prikazivanja u internetskom pregledniku. Obrada je odrađena u računalnom programu *Blender* (slika 1).

Digitalni model izrađen u programu *Blender* jest 3D model čija površina nema teksturu prave kosti. Kako bi se postigao što stvarniji prikaz, lubanja je fotografirana iz raznih kutova. Ukupno je izrađeno tridesetak fotografija koje su korištene za izradu teksture i obradu površine 3D modela. Na svakoj su fotografiji označeni obrisi lubanje, kako bi se ona odvojila od pozadine na kojoj je slikana. Potrebno je da se pozadina svojom bojom što više razlikuje od boje kosti kako bi program razlikovao kost i tako ju što točnije označio (slika 2).

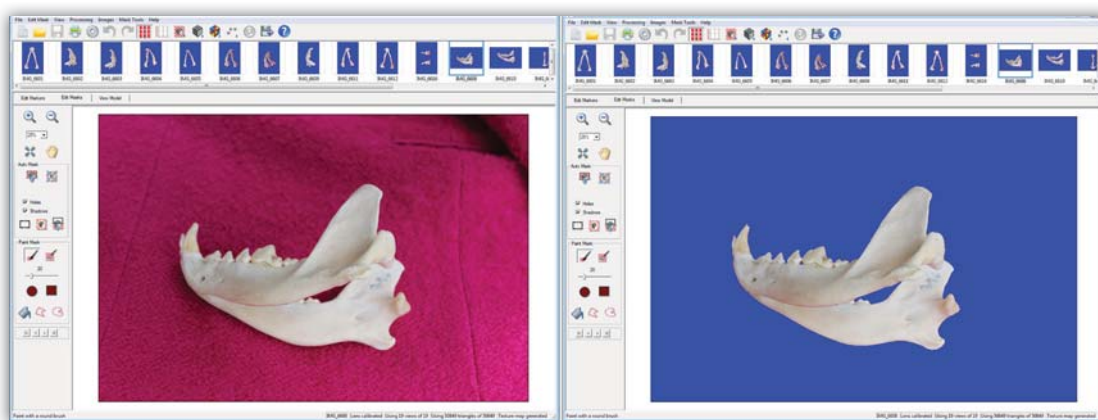
Obradene fotografije zatim su spojene s digitalnim modelom u istom računalnom programu. Na taj smo način dobili model u cijelosti prekriven fotografijama, koje daju dojam prave kosti, odnosno tzv. koštanu teksturu (slika 3).

Na modelu s koštanom teksturom uz pomoć računalnog programa *Final mesh* označili smo anatomske dijelove. Od 36 anatomske pojmove

**Slika 1.** Uvećani prikaz modela donje čeljusti u programu Blender s prikazanim primjerima grešaka (gore) i primjerom ispravljenih grešaka (dolje) na processus condylaris.



**Slika 2.** Fotografija donje čeljusti u programu SD SOM Pro prije obrade (lijevo) i poslije obrade (desno).

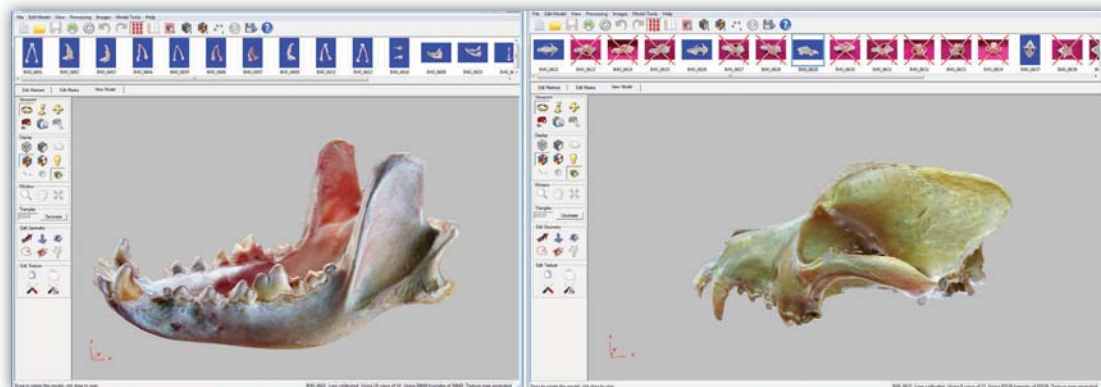


va koji su navedeni za donju čeljust u *Nomina anatomica veterinaria* (I.C.V.G.A.N., 2017.) na modelu je vidljivo dvadeset pojmova te ih je toliko i označeno (slika 4). Na modelu lubanje od ukupno 406 anatomskih pojmova vidljivo je i označeno 125 pojmova. Svi su pojmovi navedeni na latinskom jeziku.

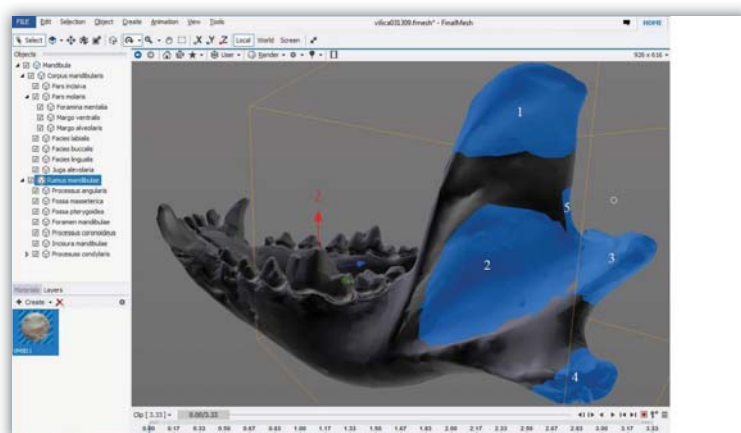
Konačni korisnik pomoću internetskog preglednika može pojedine dijelove digitalnog 3D modela lubanje psa uvećati i rotirati u željenom smjeru. Kako bi prikaz pojedinih dijelova

bio jasniji, omogućena je opcija prikazivanja kostiju lubanje u različitim bojama, a pojedine je elemente moguće tražiti upisivanjem imena pojedinog pojma (slika 5). Izrađeni digitalni 3D model lubanje psa s označenim anatomskim pojmovima postavljen je na mrežnu stranicu Veterinarskoga fakulteta (<http://wwwi.vef.hr/3datlas/pas>), gdje je besplatno, u svega nekoliko koraka dostupan studentima, znanstvenicima, stručnoj i široj javnosti.

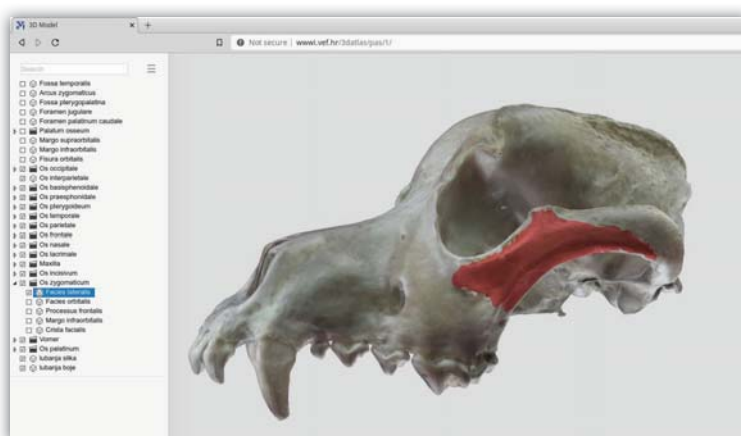




**Slika 3.** Model donje čeljusti (lijevo) i lubanje (desno) s koštanom teksturom u programu SD SOM Pro.



**Slika 4.** Model donje čeljusti u programu Final Mesh: uvećan prikaz lijeve strane, na ramus mandibulae plavo označeno pet dijelova: processus coronoideus (1), fossa masseterica (2), processus condylaris (3), processus angularis (4) i incisura mandibulae (5).



**Slika 5.** Izgled 3D modela lubanje psa u internetskom pregledniku (<http://www.vet.hr/3datlas/pas/>).

## RASPRAVA

Malo udžbenika sadržava detaljan opis kostiju glave pojedinih životinjskih vrsta, a za psa su to jedino Zietschmann i sur. (1943.), Miller i sur. (1964.), Nickel i sur. (1986.) te König i Liebich (2009.). Budući da je riječ o 2D prikazima pomoću fotografija i ilustracija, one ipak slabo prikazuju neke dijelove lubanje. Atlasi poput

Budras i Fricke (1994.) te Done i sur. (2009.) daju nešto bolji prikaz anatomije lubanje psa. Osobito Done i sur. (2009.) daju dobar usporedni prikaz fotografije i odgovarajuće ilustracije, koji je studentu možda najprihvatljiviji, ali je nedostatak manjak detalja i različitih kutova gledanja. Koristeći se bojama za prikaz pojedine kosti, Budras i Fricke (1994.) olakšavaju snala-

ženje na lubanji, ali također bez previše detalja.

Na izradu digitalnog anatomskeg 3D modela lubanje psa potaknuli su nas nedostaci dostupnih modela od kojih ni jedan u cijelosti ne odgovara potrebama učenja anatomije kostiju glave koja se obrađuje u okviru predmeta Anatomija s organogenezom domaćih životinja III integriranog preddiplomskog i diplomskog studija veterinarske medicine na hrvatskom i engleskom jeziku Veterinarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Jedan od glavnih nedostataka dostupnih modela bio je taj da je modele bilo teško pronaći pretraživanjem interneta. S obzirom na to da nastavni materijal mora biti lako dostupan i pristupačan, taj smo nedostatak riješili tako što smo naš model postavili na mrežnu stranicu fakulteta. Tako je, u samo nekoliko koraka dostupan ne samo studentima nego je na raspolaganju i svima koje zanima anatomija lubanje psa. Također, ovaj model nije potrebno instalirati na računalo ili mobitel niti izrađivati korisničke račune kako bi mu se moglo pristupiti, što je slučaj kod nekih modela (*Ivala learn – 3D veterinary anatomy, Easy anatomy – canine 3D anatomy*). Dovoljno je posjedovati bilo koji internetski preglednik i internetsku vezu. Drugi po učestalosti nedostatak dostupnih digitalnih 3D modela lubanje psa jest oskudno, nepotpuno ili nejasno označivanje anatomskeg dijelova (*Dog (Canis familiaris) brachycephalic dolichocephalic, Dog jaw*). Budući da je točnost označivanja anatomskeg struktura ključan čimbenik za uspješno učenje, na našem je modelu označeno što je više moguće njegovih dijelova. Osim toga mnogo je vremena utrošeno kako bi anatomske strukture na modelu bile točno označene i jasno vidljive. Pritiskom miša usmjerenog na određeni dio lubanje taj dio mijenja boju te je jasno vidljiva njegova pozicija, veličina i njegove granice. Dostupni digitalni modeli lubanje psa mogu se pregledavati samo u jednoj ili dvije ravnine čime ostaju otvorena pitanja o strukturama koje se nalaze sa suprotne strane. Nadalje, ne prikazuju jasne granice određenog dijela lubanje. Katkad je potrebno povećati određeni dio, kako bismo ga jasnije proučili ili vidjeli, što također često nije moguće u dostupnim modelima (npr. *Canine skull*). Za razliku od toga, korisnik može naš model rotirati u prostoru, u bilo kojem smjeru, kako bi vidio lubanju sa svih strana. Moguće je i uvećanje, kako bi se vidjeli i najsitniji dijelovi.

Naš je model označen međunarodno prihvaćenim anatomskeg terminima na latinskom jeziku tako da se može koristiti u cijelom svijetu bez obzira na govorno područje u kojemu se on koristi.

Iako smo izradili kvalitetan model koji će biti od velike pomoći svim zainteresiranim, svjesni smo činjenice da on pokriva ipak samo jedan mali dio nastave iz anatomije. Anatomija se bavi brojnim životinjskim vrstama, a pas i njegova lubanja samo su jedan od dijelova. Ovaj model ima prije svega edukativnu svrhu, no nadamo se da će on i potaknuti naše trenutačne i buduće kolege za unapređenje ove metode učenja i da će u budućnosti biti raznih modela brojnih životinjskih vrsta.

*Članak je napisan prema diplomskom radu Marije Marić, dr. med. vet., pod imenom "Izrada digitalnog anatomskeg modela lubanje psa" koji je obranjen 10. siječnja 2020. na Veterinarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Anatomske model lubanje psa izrađen je u okviru aktivnosti projekta "Razvoj visokoobrazovnih standarda zanimanja, standarda kvalifikacija i unapređenje integriranog preddiplomskog i diplomskog studija veterinarske medicine uz primjenu HKO-a na Veterinarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu" financiranog iz Europskog socijalnog fonda. Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost autora.*

## LITERATURA

- ANONYMUS a: Easy anatomy – canine 3D anatomy. URL: <https://easy-anatomy.com>. (31.7.2019.)
- ANONYMUS b: Ivala learn – 3D veterinary anatomy. URL: <https://www.ivalalearn.com>. (31.7.2019.)
- BUDRAS, K.-D., W. FRICKE (1994): Atlas der Anatomie des Hundes. Schlütersche, Hannover. str. 35-36.
- DONE, S. H., P. C. GOODY, S. A. EVANS, N. C. STICKLAND (2009): Color atlas of veterinary anatomy: the dog and cat. Mosby Elsevier, Edinburgh, London, New York. str. 12-13.
- DYCE, K. M., W. O. SACK, C. J. G. WENSING (2010): Textbook of veterinary anatomy. Saunders Elsevier, Philadelphia, Pennsylvania. str. 374-396.

- GLUSCHITZ, S. (2019): Canine skull. URL: <https://sketchfab.com/3d-models/canine-skull-fractured-2daa218918e34f49af8fffd1c3a9f0a2>. (31.7.2019.)
- INTERNATIONAL COMMITTEE ON VETERINARY GROSS ANATOMICAL NOMENCLATURE (I.C.V.G.A.N.) (2017): Nomina anatomica veterinaria, 6. izdanje. Editorial Committee, Hannover, Ghent, Columbia, MO, Rio de Janeiro. str. 11-18.
- KÖNIG, H. E., H. G. LIEBICH (2009): Anatomija domaćih sisavaca. Naklada Slap, Zagreb. str. 49-93.
- MASSE UNIVERSITY, EDUCATIONAL TECHNOLOGY UNIT (2018): Dog jaw test. URL: <https://sketchfab.com/3d-models/dog-jaw-test-cafe37ae3cef40ba845690084dfaedb1>. (31.7.2019.)
- MICHEAU, A., D. HOA, S. BOROFKA (2019): Labeled anatomy of the head and skull of the dog on CT imaging (bones of cranium, brain, face, paranasal sinus, muscles of head). URL: <https://www.imaio.com/en/vet-Anatomy/Dog/Dog-Head-CT?structureID=423&frame=356>. (30.7.2019.)
- MILLER, M. E., G. C. CHRISTENSEN, H. E. EVANS (1964): Anatomy of the dog. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London. str. 6-49.
- NICKEL, R., A. SCHUMMER, E. SEIFERLE, J. FREWEIN, H. WILKENS, K.-H. WILLE (1986): The locomotor system of the domestic mammals. Vol. 1., Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg. str. 139-144.
- SALOMON, F.-V., H. GEYER, U. GILLE (2008): Anatomie für die Tiermedizin. Enke Verlag, Stuttgart. str. 80-110.
- SCHALLER, O. (1992): Illustrated veterinary anatomical nomenclature. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. str. 10-39.
- SISSON, S., J. D. GROSSMAN (1956): The anatomy of the domestic animals. W. B. Saunders Company, Philadelphia, London. str. 189-198.
- THE UNIVERSITY OF EDINBURGH a. Dog (*Canis familiaris*) brachycephalic. URL: <https://sketchfab.com/3d-models/dog-canis-familiaris-brachycephalic-610867e1995a48a5a-80be342291e4520>. (31.7.2019.)
- THE UNIVERSITY OF EDINBURGH b. Dog (*Canis familiaris*) dolichocephalic. URL: <https://sketchfab.com/3d-models/dog-canis-familiaris-dolichocephalic-5d8d86a270b64f05aab-45c3d09f350a6>. (31.7.2019.)
- ZIETSMANN, O., E. ACKERKNECHT, H. GRAU (1943): Ellenberger-Baum: Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. Springer-Verlag, Berlin. str. 49-118.



**45<sup>TH</sup> WORLD SMALL ANIMAL  
VETERINARY ASSOCIATION  
CONGRESS AND  
26<sup>TH</sup> FECVA  
EUROCONGRESS**

21-24 March 2021  
Warsaw, Poland

**WARSAW**

**POLAND**

